世界科技中心转移的钻石模型

——基于经济繁荣、思想解放、教育兴盛、政府支持、科技革命的历史分析与前瞻

潘教峰[1]　刘益东[2*]　陈光华[1]　张秋菊[1]

1 中国科学院科技战略咨询研究院　北京　100190

2 中国科学院自然科学史研究所　北京　100190

摘要　近现代以来，意大利—英国—法国—德国—美国相继成为世界科学中心。经济繁荣、思想解放、教育兴盛、政府有力支持等社会因素以及科学成果涌现时机因素共同导致了世界科学中心的形成、演进与更替，五要素钻石模型可给予有效分析。科学与技术关系日益紧密，未来世界科技中心将不只一个，而是呈现出多中心并进、加速向亚太地区转移的趋势，并具有网络化、全球化等新特点。新一轮科技革命与产业变革加速演进，全球科技创新进入前所未有的密集活跃期，为我国成为世界科技中心提供了难得的“机会窗口”，当务之急是解放思想，完善人才政策，营造创新友好的环境，加快世界教育中心建设，加大政府支持力度，破解发展面临的难题，抢占前沿研究与颠覆性技术创新的先机，实现中华民族伟大复兴的中国梦，为世界和平发展和永续繁荣作出更大贡献。

关键词　世界科技中心，特征分析，转移规律，科技革命，五要素钻石模型

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.2019.01.003

1 世界科学中心转移过程及特征分析

科学的历史发展不是线性的，而是有起有伏，科学的地域分布也是不平衡的，有的国家先进，有的国家落后。关于世界科学中心，根据一些学者的统计分析，有世界科学单中心说、科学多中心说、科学主中心与副中心说（表 1 和 2）[1,2]。技术发展也是有起有伏，地域分布也不平衡，也有世界技术中心转移说（表 3）[3]。实际上某一学科、某些学科群也有世界中心，以往对此缺乏统计分析。

借鉴英国著名学者贝尔纳的研究发现，日本学者汤浅光朝用定量的方式描述了 16—20 世纪世界科学活动中心及其转移的情况。如果一个国家的科学成果超过全

*通讯作者
资助项目：国家社科基金重大研究专项项目（18VZL003），国家自然科学基金应急项目（71741032）
修改稿收到日期：2019年1月4日

世界总数的25%，则这个国家就称为世界科学中心；该国成果超过25%所持续的时间，称之为科学兴隆期[4]。

按照汤浅光朝关于科学活动中心的定义，根据不同的科学史年表可以得出世界科学中心转移的特征，尽管具体时间节点不完全相同，但表1中的5国成为世界科学中心的依次顺序及主要时期基本一致。近现代世界科学中心转移的顺序大致是意大利（1540—1610年）—英国（1660—1730年）—法国（1770—1830年）—德国（1810—1920年）—美国（1920年至今）。每个国家的科学兴隆期平均为80年左右。图1为这5个国家1540—1960年科学成果占世界科学成果的比例。

表1　世界科学单中心转移

世界科学中心	依据	
	汤浅光朝：平凡社年表	赵红州：自然科学大事年表
意大利	1540—1610年	1540—1620年
英国	1660—1730年	1660—1750年
法国	1770—1830年	1760—1840年
德国	1810—1920年	1840—1910年
美国	1920年至今	1910年至今

表2　世界科学多中心转移

依据	类别	国家（时间）
梁立明	主中心	意大利（1521—1610年） 英国（1641—1730年） 法国（1731—1830年） 德国（1831—1900年） 美国（1911年至今）
	副中心	德国（1601—1610年） 法国（1631—1650年） 英国（1781—1870年）
戴维斯	该国科学成果总数世界排名第一（主中心）	意大利（988—1660年） 英国（1661—1800年） 德国（1801—1900年） 美国（1901—1945年） 美国（1946—1988年）
	该国科学成果总数世界排名第二（副中心）	德国（988—1660年） 法国（1661—1800年） 英国（1801—1900年） 英国（1901—1945年） 英国（1946—1988年）

1.1　意大利成为第一个世界科学中心的特征（1540—1610年）

16世纪中期，资本主义萌芽产生并带动发达的商品贸易，为意大利科学革命和成为世界科学中心打下基础[6]。政治运动与人文主义的产生促进了思想解放，激发了当时人们研究自然现象、探究自然界规律的兴趣，从而为科学革命的产生奠定了基础。人文主义思想的传播推动人们探索自然、研究上帝与自然关系的风潮。意大利的教育体系为其成为科学中心提供了支撑。技术的进步为意大利科学的进步提供了新事实及新技术，使得真正有系统的实验科学成为“可能”。意大利成为世界科学中心与科学知识自身增长规律相契合，引发了科学革命。意大利一些地区的城邦中出现了一批重要的自然哲学家，使意大利成为近代科学活动的第一个中心（1540—1610年）。意大利

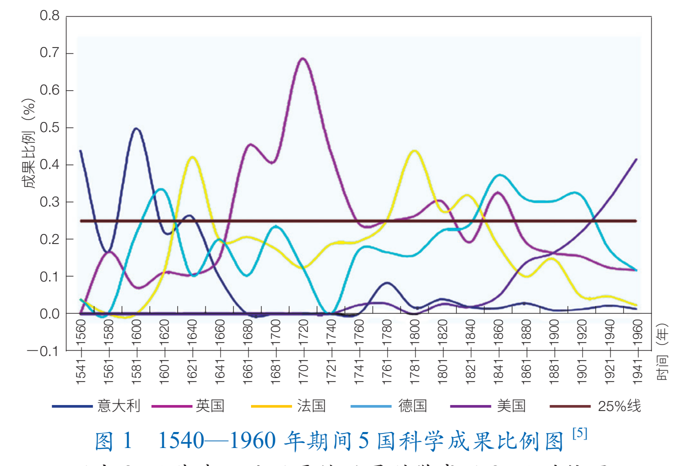


图1　1540—1960年期间5国科学成果比例图[5]

图中25%线表示该国贡献世界科学成果25%的位置

表3　世界技术中心转移

世界技术中心	意大利	德国（I）	法国	英国	德国（II）	美国
时间跨度	1380－1520年	1480－1570年	1680－1760年	1690－1870年	1860－1930年	1870年至今

该国技术成果占世界25%以上为世界技术中心，存在同时有2个技术中心的情况。

爆发的科学革命使得知识在天文学、解剖学、力学、数学、博物学领域产生了巨大的突破。

1.2 英国成为第二个世界科学中心的特征（1660—1730年）

英国在16—17世纪涌现出吉尔伯特、波义耳、牛顿、胡克、哈雷、布拉德莱、阿代尔、哈维等各领域内的大师，开辟了力学、化学、生理学等多个现代学科，成为世界上第二个科学中心。英国经济的发展与资本主义生产方式的确立使得英国成为欧洲最富庶的国家之一。资产阶级革命的成功，为英国自然科学的发展提供了制度保障。清教主义运动塑造了英国研究自然，从而赞颂上帝的文化性格，对科学革命与英国的科学发展产生了巨大的作用[7]。大学教育发展及教育理论的创新对科学中心向英国转移提供了巨大支撑。工业发展及技术进步为新知识的产生提供新需求及新工具。英国成为世界科学中心，与牛顿完成自然哲学的综合以及对其他学科产生影响有着密切联系[8]。

1.3 法国成为第三个世界科学中心的特征（1770—1830年）

18世纪中期到19世纪中期，法国成为继英国之后的又一个世界科学中心，涌现出了达朗伯、萨迪·卡诺、拉普拉斯、布丰等一大批伟大科学家。法国积极推进本国的工业化进程，大力发展本国的独特工业体系，提升了法国的整体工业实力。国家支持自然科学，使科学研究建制化，极大地推动了当时科学研究事业的发展。启蒙运动形成了法国的自由理智主义传统，推动了怀疑主义、逻辑主义方法论的传播。18世纪晚期，法国积极推进理工学院的建设。通过这个新系统，自然科学、数学和工程技术建立起了不同层面的稳固联系，新的体制极大地促进了科学技术的职业化[9]。19世纪中后期，法国逐渐确立了技术发明的个人财产权，极大提升了人们致力于技术发明的热情[10]。法国科学家在热力学、化学、天体力学等学科领域作出了突出贡献，为后来的内燃机革命及化学革命提供了理论基础，引领了当时世界科学发展的潮流。

1.4 德国成为第四个世界科学中心的特征（1810—1920年）

19世纪20年代至20世纪20年代，德国科学发展突飞猛进。尤斯图斯·冯·李比希创立了有机化学，维勒成功合成尿素，施莱登和施旺创立细胞学说，爱因斯坦提出相对论，普朗克提出量子概念，伦琴发现X射线，德国开始引领科学的发展。19世纪中期起，德国工业迅速崛起，为德国科学的崛起提供了物质基础。德国的开明君主专制制度为德国科学的复兴提供了政治保障，教育和科研体系具有稳定的自我增长空间而不受过多干预，使得先进的、有利于自然科学发展的制度得以存续并释放自己的潜力[11]。

德国文化中含有尊重科学的内在因子，且实用主义文化逐渐占据主导地位，为科学的崛起及科研成果的转化提供了良好的文化氛围。现代大学制度（柏林大学模式）的建立，是推动德国成为世界科学中心的重要因素。德国创建了强大的工业实验室，把科学与企业结合起来，科学研究获得了资金，企业获得了基于科研的技术，有力地推动了物理、化学等学科的发展。源起于德国的有机化学、量子力学等学科，成为当时引领世界科学发展的带头学科。

1.5 美国成为第五个世界科学中心的特征（1920年至今）

自19世纪末、20世纪初开始，美国在经济文化等各方面取得了举世瞩目的成绩，并于1920年取代德国，成为保持至今的世界科学中心。与法国和德国不同，美国的基本模式是外源性而非内生性的。20世纪初，美国拥有雄厚的经济及工业基础，经济的繁荣为美国科学研究提供了良好的经济条件。美国政府将基础研究视为国家崛起及强盛的根本性要素，为美国成为新的世界科学中心奠定了政治基础。通过学习欧洲先进教育制度，建立起完善的研究型大学体系，同时通过人才引进，使美国短时间内成为世界科学研究强

国。第二次世界大战使美国成为最大赢家，强化了其超级大国的地位。实用主义文化造成了美国重视技术的传统，为科学的发展提供了必要的物质条件[12]。美国工业界通过建立工业实验室、研发机构，以及建立各种支持自然科学研究的基金会，形成了良性的"工业支持科学、科学界反哺工业"传统。美国还抓住了量子力学革命及信息技术革命机遇，迅速站在世界科学领域前沿。

2 世界科学中心转移的历史启示

世界科学中心的形成需要具备许多条件，当多重有利条件都具备时，科技后进国家的脱颖而出或后来居上才可能发生。通过世界科学中心演进规律分析，得出世界科学中心转移的若干历史启示。

2.1 经济高速发展的带动作用

无论是意大利、英国、法国，还是德国、美国，在科学中心兴起之前，往往有一个经济高速发展期。例如，意大利城市的产生和资本主义关系的萌芽都早于西欧其他国家。1588 年，英国击败西班牙之后成为海上霸主，通过奴隶贩卖和海外贸易大发其财，16 世纪的第一期圈地运动高潮，也为英国资本主义的发展准备了生产经营所必需的资本财富、自由劳动者和国内市场[13]。美国在成为世界科学中心之前，便已经是世界工业中心。

经济较为发达的国家，往往能够凭借雄厚的经济基础，为从事自然哲学或科学研究的人提供更多的资助，并建立各种科研机构来推动自然科学研究的发展。同时，经济的发展往往会提出各种技术性需求，从而推动自然科学家去探索自然界、寻找新方法来解决这些现实问题，技术也相应得到快速发展。经济与技术越发达，为自然科学家所提供的技术工具、实验仪器越先进，有助于科学家发现新现象、新材料、新方法。此外，经济发展促进了教育繁荣、人才辈出，更多智力精英生活得到充分保障，从而心无旁骛地投身科学事业。

2.2 科技、经济一体化协同发展

在科学发展的早期阶段至 19 世纪中期，科学中心的形成和演进与技术中心的关联性不大。然而自 19 世纪中期第二次工业革命以来，科学、技术、经济日益一体化。技术的发展越来越多地需要从科学研究中获得支持，经济增长也愈来愈多地依赖于科学与技术，科学、技术、经济逐渐形成一种正相关的良性循环系统[14]。

例如，德国有机化学的发展及其所引发的化学革命，促使有机化学领域涌现出一系列原创性成果，开创了德国的化学染料工业，这成为德国称霸世界的关键。德国有机化学工业巨头纷纷建立工业实验室。例如，1865 年德国的巴斯夫（BASF）公司建立了工业实验室，并大量雇佣来自大学的科学研究人员。20 世纪 50 年代以来，以美国硅谷为代表的科技工业园区、科学城等，更是科技经济一体化的集中体现。

2.3 思想解放与崇尚创新文化

科学研究是探索未知、解决难题的高度复杂的智力活动，是挑战权威、敢为人先、后来居上的智力竞赛，需要宽松自由的环境和宽容失败、鼓励尝试的创新文化。破除思想桎梏是大规模知识创新不可或缺的前提，文艺复兴、宗教改革与启蒙运动等欧洲近代三大思想解放运动，为科学发展与科学革命的出现奠定了至关重要的基础。统计表明，每一个国家的科学高潮出现之前都曾有过一个哲学高潮，这是思想解放的集中体现[15]。美国硅谷崛起的根本原因之一在于其独特的宽容失败、崇尚个人创造力的创新文化。因此，发展高水平科研，实现高水平创新驱动发展，思想解放和崇尚创新文化是必不可少的前提。

2.4 拔尖人才的自发集聚互动

科学发展是人才驱动的，尤其是杰出人才至关重要。无论是科学内部理论与实验的矛盾，还是科学外部经济的需求刺激，都只有落实到科学家身上才起作

用。科技史表明，科技体制机制的演变是有规律的，会朝向越来越有效满足学者与社会需要的方向、方式演进，会让学者特别是优秀学者充分发挥作用，让知识创造越来越有效率[16]。世界科学中心的形成、保持，往往需要一种开放的知识、人力、资源环境条件，封闭难以保持研究活力。成为世界科学中心的国家，往往是人才流动、知识流动与传播速率较高的区域。

在科研活动和创新活动中，拔尖人才的作用非常突出，正如哈佛大学前校长康南特（Conant J B）所说："在每一个科学领域里，决定性因素是人，科学事业进步的快慢取决于第一流人才的数目。据我的经验，十个二流人才抵不上一个一流人才[17]"。这是由科学研究的"突破—跟进—再突破—再跟进"的基本方式所决定的，没有一流人才就难有前沿突破。由于网络化、平台化，使得个体更容易发挥作用，拔尖人才的重要性更加突出，甚至有人说在互联网时代，1个杰出的程序员抵得上100个普通的程序员。当前，全球创新活动进入一个新的密集期，新科技革命将催生新一轮产业革命，引发社会重大变革，从而引领人类进入知识文明时代。未来人工智能将越来越多地替代普通人的工作，普通人才的稀缺程度降低，因此拔尖人才的作用变得更加凸显和重要，所谓"千军易得，一将难求"。而拔尖人才会自发集聚选择对自身更加有利的体制机制和文化环境，也正因为如此，若没有适合条件，拔尖人才要么聘不来，要么来了也留不住。

2.5 教育兴盛繁荣的引领作用

从世界科技中心的整体演进、更替来看，一个国家先成为教育中心而后成为科技中心，先失去教育中心地位而后失去科技中心地位，教育兴隆期越长，科技兴隆期也越长，较短的教育兴隆期往往伴随一个较短的科技兴隆期。例如，从16世纪中叶到17世纪中叶，英国是世界高等教育的中心，其中1167年成立的牛津大学和1209年成立的剑桥大学起到了关键作用。18世纪上半叶，启蒙运动促进了法国新型高等学校"大学校"的建立，法国取代英国成为世界的科学中心。德国是第四个高等教育中心和科学中心，其中1810年成立的柏林大学成为新型大学的范本。20世纪初，美国的高等教育迅速超过了德国，推动美国成为世界科学中心[18]。

教育兴盛也是历次科学中心形成的必要条件，为人才储备提供了至关重要的供给保障，而教育兴盛往往是通过教育变革实现的。例如，研究型大学的创建使德国教育勃兴，有力支撑了德国科学的快速发展。目前，世界顶尖大学大部分集中在美国。美国大学的崛起是一系列制度创新与组织创新的结果，其中美国的大学自治制度发挥了极为重要的作用。美国大学自治制度的核心是"法人—董事会制度结构"、联邦教育分权体制和多权力中心的政治结构，多元社会参与和市场机制为大学提供了运行的经济基础和动力，高等教育行业自律与行业自治可实现自我完善，内部分权与教师参与巩固了大学的内在根基[19]。

2.6 国家对科技事业的有力支持

当一国政府通过科技政策、教育政策、人才政策、资金政策等给予科学足够的支持，并且这种支持与科学自身的发展规律相符合时，便有可能为该国成为世界科学中心提供重要条件，反之，则很难成为世界科学中心。

17世纪，法国政府成立了巴黎科学院，这是世界上第一个职业科学家机构，为世界科学中心转移到法国起到决定性作用。德国政府在大学创办（如柏林大学）、综合性研究机构建立（如威廉皇帝学会）、科研体制变革中都起着举足轻重的作用。美国虽然市场经济高度发达，但政府在推动科技发展方面也起到至关重要的作用，从美国第一部宪法规定教育和科学事业不受任何干预地独立发展，积极学习德国研究型大学模式，到二战后建立国家科学基金会（NSF）、国防先进研究计划署（DARPA）等有利于科学发展的科研机构，再到建立白宫科技政策办公室、国家科学研

究委员会和总统科技顾问委员会等，以及颁布《拜杜法案》，这些都强化了政府、科研机构、产业界的三方合作。美国政府通过采购支持企业研发新产品，并充分利用美元金融体系、国际关系和知识产权优势，推动美国科技快速发展。

2.7 科学成果涌现时机的重点布局

世界科学中心的形成及转移，与科学体系自身的演化以及一国科学家对该时代当采学科①的重视程度、在当采学科领域中所做出成就的质与量密切相关。世界科学中心形成的必要条件之一是恰逢科学成果涌现期，历次科学中心的形成均是如此。而科学成果涌现是科学发展的内部规律与社会诸多因素恰当结合的结果，只有大规模新成果出现，成果聚集地域才可能重新分布，新的科学中心才可能形成。

在科学自身的发展过程中，会在特定时期形成重大突破，并形成该时代的“带头学科”，即在特定时期，会有一门或几门学科成为最有活力、吸引最大注意力并产生了最大量科学成果（即“科学涌现期”），从而对自然科学的整体发展起主要的推动作用[20]。科学革命会引起科学成果涌现，而且涌现出的新成果往往代表未来发展方向。当特定当采学科出现时，如果一国的科研力量主要部署在这一领域，并做出重大科学成就，便极有可能成为当时的世界科学中心。

3 未来世界科技中心的若干特征

进入20世纪，科学与技术一体化程度越来越高，借鉴世界科学中心转移研究的成果及其揭示出来的规律，结合对当前科技前沿状况的把握，可以看出世界科技中心仍然主要集中在欧美发达国家，但呈现出加速向亚洲和太平洋地区转移的趋势。21世纪以来，日本科技实力依然突出，中国、巴西、印度、土耳其等新兴国家和经济体科技研发支出快速增长，在全球的研发份额占到较高的比例，技术创新能力明显增强，已经成为科技创新的高度活跃地区，并对世界科技创新作出越来越大的贡献[21]。

鉴于上述分析，我们提出了世界科技中心转移主要影响因素的“五要素钻石模型”（图2），经济繁荣、思想解放、教育兴盛、政府有力支持等4个社会因素和1个科技革命（科学技术成果涌现期）因素对科学中心形成必不可少。据此可以对未来科技中心的

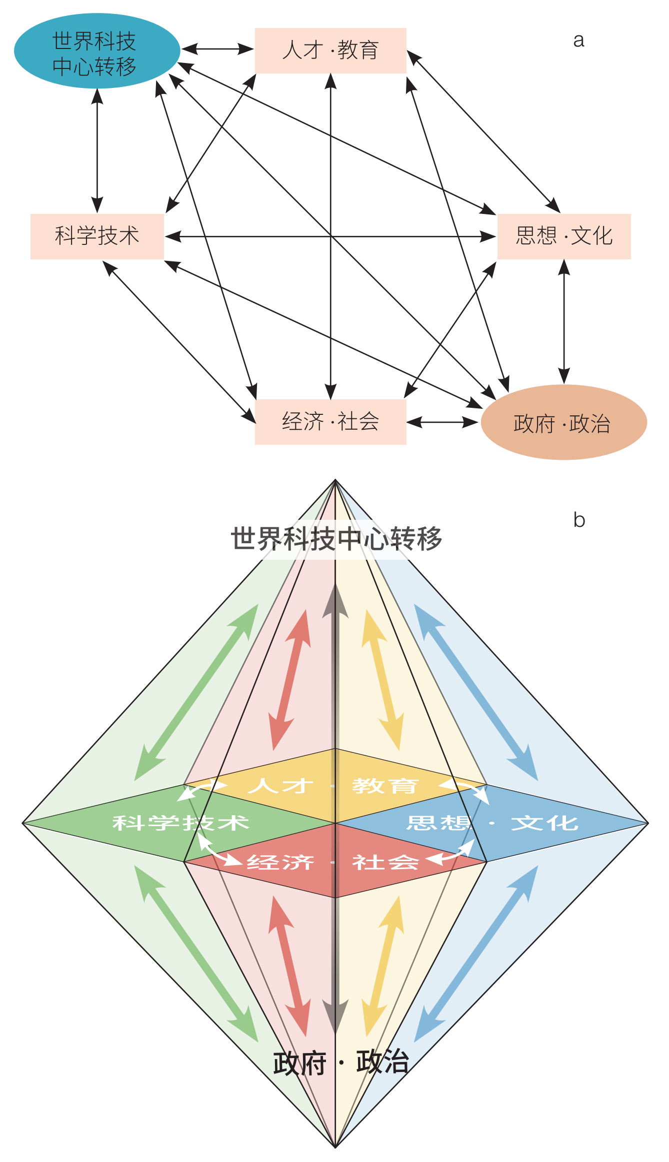


图2　世界科技中心转移主要影响因素的“五要素钻石模型”
（a）平面模型，（b）立体模型

① 当采学科是1982年由赵红州提出，特指在某一时期内成果最多、最为聚集的学科。

特征与我国发展科技的条件进行分析。

随着创新资源的国际化配置，新一代信息技术的广泛渗透，以及全球化的进一步深入，从科技中心的数量规模来看，可能产生多个中心并存、综合中心与学科专业中心并举的格局。未来世界科技中心的形成和发展，将具备历史上科技中心的共同特征，同时又因适应新时代特点而有所变化[22]。未来世界科技中心将具有以下若干特征。

3.1 培养、汇聚大批世界顶尖人才

世界科技中心首先是人才中心。形成人才中心有2种方式：① 教育兴盛、培养人才；② 环境优越、吸引人才。19世纪上半叶，德国涌现出大批世界顶级科学家，包括数学家高斯，物理学家欧姆、楞次，化学家维勒、李比希，生物学家施旺、柯立克等。二战期间，爱因斯坦、费米等德国科学家大批流向美国，极大强化了美国作为人才高地的优势。不仅如此，美国的教育体系与环境相得益彰，培养、吸引了众多拔尖人才，这也是美国科技领先的根本原因。今天，各国都在竞相出台政策，不遗余力吸引世界顶尖人才。据统计，美国硅谷中1/3人口为非美国裔，20—45岁年龄段中的非美国裔青年更是占到了一半。

3.2 持续驱动和引领世界经济发展

世界科技中心不仅是“创造”科技成果的先行者，更是“应用”科技成果的引领者，是促进生产力解放、催生产业革命的弄潮儿。18世纪前后，英国科学家在热力学等物理学上的突破，为蒸汽动力的发展提供了知识源泉，同时，英国产生了大批既掌握基本的近现代技术手段，又与工业实践有紧密联系的工厂主、技师和熟练工人，从而推动英国工业革命从纺织业拓展到交通、造船、采煤等诸多领域，以蒸汽机代替人力、畜力，极大推动了人类第一次工业革命的蓬勃发展。未来的科技与经济一体化程度更高，基于技术的创新与基于科学的创新继续引领经济发展，经济繁荣是科技发展的最重要基础，既为科技提供充沛的资金等物质支持，又对科技发展产生持续的巨大需求。

3.3 具有新型的创新组织管理模式与一流研究机构和企业

科技包括知识体系和组织机构，未来科技中心的创新组织模式具有创新参与主体的大众化、创新组织机构的开放化、创新行业领域的跨界化、创新链接机制的平台化、创新资金来源的多元化等特征。国家实验室、研究型大学、大型企业等战略科技力量在创新生态系统中仍然扮演重要核心角色，并不断突破组织边界的束缚向外部开放各类资源能力。大量的分布式、弥散式创新单元，例如新型研发机构、中小微企业，甚至创客、产消者等非企业主体成为创新活动的重要参与者。战略科技力量与大量分散创新单元相互之间形成群体参与、扁平网状、跨界融通的创新生态系统，共同构成充满活力的创新发展新格局[23]。

世界一流大学是创新成果和新思想的策源地；一流的国家实验室是国家综合科技实力的重要标志，是促进各类创新资源综合集成、开放共享的平台，是保持国家战略优势的领军者。例如：美国的哈佛大学、斯坦福大学、麻省理工学院、普林斯顿大学，英国的剑桥大学、牛津大学等世界顶尖大学都是国之重器，引领着全球的学术前沿和思想潮流；美国的劳伦斯国家实验室20世纪50年代在高速运算研究领域、20世纪60年代在生命科学领域、20世纪80年代在并行处理科学计算技术领域、20世纪90年代在国家安全领域、21世纪在反恐领域和能源安全领域一直保持优势。

一流的创新型企业是科技中心的基础支撑，它们不仅是新技术、新产品、新业态的发源地，更是国家科技整体水平提升、产业转型升级的风向标。如美国的亚马逊、苹果、谷歌、脸书等著名企业，可谓第四次工业革命的探路者。一流的创新中心是科技资源集聚和辐射中心，预示着一个国家在世界分工体系中

所能达到的最大高度。如以美国硅谷为代表的创新中心，不断催生科技和产业变革。

3.4 产生具有世界影响和开辟新领域的重大科技成果

世界科技中心能够引领世界科技发展方向。第一次科学革命，意大利和英国作为当时的世界科学中心发挥了核心引领作用。意大利科学家伽利略在力学和天文学研究中取得重大突破，英国科学家牛顿发现了物质世界运动与相互作用的基本规律，二者在近代科学体系的建立中居功至伟。

世界科技中心所产生的重大科技成果不仅在“量”上非常突出，更有“质”的飞跃和对未来发展的引领。例如，20 世纪美国产出了世界重要科技成果的 60% 以上，以至于美国在基础科学和应用科学的大多数领域多年保持领先地位。

即将发生的新科技革命，将涌现出一批原创成果，促成新的科技中心的形成，甚至引发科技中心的转移。本文所说的未来科技成果也包括交叉科学与社会科学的成果。要使科技发展造福社会，规避科技风险，愈加需要社会科学、交叉科学发挥作用，从而加强科技的伦理、法律与社会问题的研究，以及加强科技史、科技哲学、科技与社会的研究，确保科技与社会协调健康的可持续发展。

3.5 具有开放包容、思想解放、政府支持、稳定可预期的制度环境

未来社会将发生急剧变化，进入发展迅速、全球化、网络化、个性化的时代，这些不确定性带来一系列挑战。未来科技中心，不仅要继续探究自然奥秘、解决技术与产业问题，更要发现和解决人类社会面临的各种问题。这就需要不断解放思想，保持勃勃生机的创新文化，超越不再适应新形势、新挑战的思维和传统，永葆思想活力。

建设世界科技中心不仅需要好的社会氛围，同时需要强有力的政府作为。所谓好的社会氛围，就是崇尚科学、尊重创新成为社会的主流价值观，宽容失败成为大众的常态认知；所谓强有力的政府作为，就是依靠国家意志和力量有利于建成科技中心，方向正确、目标清晰、政策稳定的科技创新战略和制度体系至关重要。“社会氛围”和“政府作为”相辅相成，缺一不可，共同构成有利于科技创新的制度环境。没有好的社会氛围，科学发现的种子很难孕育和产生；没有强有力的政府作为，科技创新的幼苗很难成长为引领创新发展的参天大树。

4 我国建成世界科技中心的有关建议

全球科技创新进入前所未有的密集活跃期，为我国成为世界科技中心提供了难得的“机会窗口”。从第一次工业革命开始，每个世界强国的崛起，都会相应产生一个世界科学中心。改革开放以来，我国经济快速发展，已成为世界第二大经济体，具备了建设世界科技中心的经济条件和物质基础。在当前新一轮科技革命与产业变革的孕育期和经济增长复苏期的“双重叠加”背景下，世界科技创新版图的多极化，恰好为我国建设世界科技中心提供了难得的战略机遇期[24]。当前和未来一个时期，为抓住新一轮科技革命与科技中心东移的历史机遇，实现世界科技中心和科技强国的建设目标，结合世界科技中心转移的“五要素钻石模型”和当前形势，建议推进如下 3 项重点任务。

*（1）解放思想，完善人才政策，营造创新友好的环境。*人才是创新的第一资源。要倡导尊重人才、尊重创造，以包容的心态对待创新，以海纳百川的胸怀广聚天下英才而用之，成为世界各国有志创新人才向往的沃土。解放思想，下大力气拆除阻碍人才创新的体制机制藩篱，持续增加对人才的投入，建立健全创新导向的法律、政策和制度，让人才、信息、资金、项目、平台等创新元素充分结合、激活，产生聚变效应。要对各类人才计划进行系统梳理和优化整合，

明确各自的定位。对国内外优秀科技人才在政策、待遇和发展机会上平等对待。完善人才有序流动机制，避免层层加码、恶性竞争。改革科研人员薪酬分配制度，增加稳定收入比重，使其能够体面地生活，安心致研。加快推进事业单位科研人员的社保体系建设，减少科研人员后顾之忧。对从事不同性质科研工作的人员进行分类评价，摒弃数量评价为主的评价方式，建立以代表性成果、应用转化效率和影响力为导向的人才评价体系。

（2）加快世界教育中心建设。教育是人才培养的基础，我国已有世界上最大规模的高等教育体系，教育普及程度大幅提高。中国要成为世界科技中心、建成科技强国，必须加快建成世界教育中心。要进一步发展高等教育，进一步提高高等教育入学率，建设一批世界一流大学，加强职业技术教育；深化基础教育系统改革，革除应试教育、灌输式教育的弊端，更新教育思想和方法，优化教育结构，加快基础公共教育均衡发展，促进教育适应社会需求；加强继续教育，建设全民学习、终身教育的社会。利用互联网和人工智能等新兴技术，改革传统教科书，探索新型高效的教育方式。加强创新生态建设，培养与造就世界上最宏大的创新创业队伍，让创新人才充分发挥作用。

（3）加大政府支持力度，破解挑战性难题，抢占前沿研究与颠覆性技术创新先机。全球新一轮科技革命和产业变革方兴未艾，颠覆性技术不断涌现，科技创新加速推进，并深度融合、广泛渗透到人类社会的各个方面，成为重塑世界格局、创造人类未来的主导力量[25]。世界科学中心转移的历史表明，在关键时期，政府的有力支持至关重要。今后一个时期，以新一代信息技术、人工智能、新能源技术、新材料技术、新生物技术为主要突破口的新技术革命，将从蓄势待发进入到群体迸发的关键时期，酝酿全球创新格局重大调整，并引发新一轮工业革命[26]。科技与产业的快速发展和社会的急剧变化也产生了前所未有的巨大挑战，亟待我们研究、回应。作为科技创新的后发追赶型国家，必须要以全球视野，准确研判世界科技创新发展态势，持续开展科技前瞻、科技发展规划及科技与社会协调健康发展研究，及时调整国家科技布局，创新研发组织模式，破解发展面临的挑战性难题、抢占前沿研究与颠覆性技术创新的先机，才有可能实现科技创新能力质的跃升，建成世界科技中心。

参考文献

1 戴维斯. 科学和科学家的一千年. 袁江洋, 罗兴波, 译. 科学文化评论, 2005, (2): 76-91.

2 冯烨, 梁立明. 世界科学中心转移的时空特征及学科层次析因（上）. 科学学与科学技术管理, 2000, (5): 6-8.

3 黄欣荣, 王英. 技术中心及其活动规律的统计研究. 科学学研究, 1990, (2): 20-28.

4 Yuasa M. Center of scientific activity: Its shift from the 16th to the 20th century. Japanese Studies in the History of Science, 1962, 1(1): 57-75.

5 王晓文. 世界中心转移研究与我国科学发展状况分析, 天津: 天津大学, 2003: 8.

6 刘鹤玲. 世界科学活动中心形成的经济—政治—文化前提. 自然辩证法研究, 1998, (2): 47-50.

7 R·K·默顿. 十七世纪英国的科学、技术与社会. 范岱年, 吴忠, 蒋效东, 译. 成都: 四川人民出版社, 1986: 77-89.

8 Jacob M C. Commerce, industry, and the laws of newtonian science. Canadian Journal of History, 2000, (8): 275-292.

9 小威廉·贝拉尼克, 古斯塔夫·拉尼斯. 科学技术与经济发展：几国的历史与比较研究. 胡定, 译. 北京: 科学技术文献出版社, 1988: 43-46.

10 魏盛礼, 赖丽华. 私有财产权法学论纲. 南昌大学学报（人文社会科学版）, 2006, (11): 80-81.

11 周丽华. 德国大学与国家的关系. 北京: 北京师范大学出版社, 2008: 75-78.

12 Gutek G L. Philosophical, Ideological, and Theoretical

Perspectives On Education. New Jersey: Pearson, 2014: 76, 100.

13 王小燕, 贺兰英. 自然辩证法概论. 广州: 华南理工大学出版社, 2007: 76.

14 董光璧. 五百年来科学技术发展的回顾与展望. 自然科学史研究, 1997, (2): 113-114.

15 刘则渊, 王海山. 近代世界哲学高潮和科学中心关系的历史考察. 科研管理, 1981, (1): 7-21.

16 刘益东. 开放式评价与学术市场: 彻底解放学者的创造力. 北京师范大学学报（社会科学版）, 2018, (1): 17-26.

17 周寄中. 美国科技大趋势. 北京: 科学出版社, 1991: 11.

18 姜国钧. 论教育中心转移与科技中心转移的关系. 外国教育研究, 1999, (8): 1-6.

19 和震. 美国大学自治制度的形成与发展. 北京: 北京师范大学出版社, 2008: 344.

20 蒋志. 科学发现过程的统计理论. 自然辩证法研究, 1994, (12): 30-37.

21 潘教峰. 中国加速迈向世界创新中心. 中国战略新兴产业, 2017, (17): 94.

22 杜德斌, 段德忠. 全球科技创新中心的空间分布、发展类型及演化趋势. 上海城市规划, 2015, (1): 76-81.

23 潘教峰, 陈光华. 加快构建新型创新组织模式. 瞭望, 2017, (49): 17-19.

24 上海市人民政府发展研究中心课题组, 肖林, 周国平, 等. 上海建设具有全球影响力科技创新中心战略研究. 科学发展, 2015, (4): 63-81.

25 潘教峰, 谭宗颖, 朱相丽. 国际科技竞争力研究报告. 北京: 科学出版社, 2010.

26 潘教峰. 科技革命与我国战略选择. 时事报告, 2017, (9): 20-27.

Diamond Model of World Science and Technology Centers Transfer: Economic Prosperity, Ideological Emancipation, Education Prosperity, Government Support, S&T Revolution

PAN Jiaofeng[1]   LIU Yidong[2*]   CHEN Guanghua[1]   ZHANG Qiuju[1]

(1 Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 Institute for the History of Natural Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract Since modern times, Italy-England-France-Germany-the United States have become the world scientific and technological centers. Social factors, such as economic development, ideological emancipation, education prosperity, government support, as well as the emergence period of scientific and technological achievements, have led to the formation and replacement of the world science and technology center, the five-element diamond model can be used for effective analysis. The future world science and technology center may not only be one center, but also present the trend of multi-center and accelerate the transfer to the Asia-Pacific region. It has the common characteristics of science and technology center in history, and has the new characteristics of networking, globalization and so on. The world scientific and technological innovation has entered an unprecedented period of intense activity, providing a rare “window of opportunity” for China to establish world science and technology center. The urgent task is to perfect the talent policy, construct a friendly environment for innovation, speed up the establishment of the world education center, and preempting frontier research

*Corresponding author

and subversive technological innovation, realize the Chinese Dream of great rejuvenation and make greater contributions to peaceful development and sustainable prosperity of the world.

Keywords world science and technology center, characteristic analysis, transfer pattern, S&T revolution, five-element diamond model



潘教峰 中国科学院科技战略咨询研究院院长、研究员、博士生导师，国务院研究室-中国科学院共建的中国创新战略和政策研究中心共同主任，中国发展战略学研究会理事长，中国科学技术法学会副会长，中国科技成果管理研究会副理事长，世界创新组织会士。主要从事科技战略规划、创新政策和智库理论方法研究。“百千万人才工程”国家级人选，被授予国家“有突出贡献中青年专家”荣誉称号。曾任中国科学院副秘书长、规划战略局局长、发展规划局局长、党组办公室主任、办公厅副主任，中国科学院科技政策与管理科学研究所所长等。参加国家科技规划、新兴产业规划的战略研究和编制，以及科技体制改革研究、政策法规制订和文件起草。主持了创新驱动发展战略顶层设计等数十项决策咨询重大课题研究、国家有关创新政策第三方评估工作。具体组织了“中国至2050年重要领域科技发展路线图”战略研究和《创新2050：科学技术与中国的未来》系列报告出版，《科技发展新态势与面向2020年的战略选择》的研究与出版等。参加中国科学院知识创新工程、“创新2020”“率先行动计划”等规划和重大改革举措的研究制定和实施。E-mail: jfpan@casisd.cn

PAN Jiaofeng Professor, President of the Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS), Co-director of China Innovation Strategy and Policy Research Center funded by Research Office of the State Council and CAS, Chairman of the Chinese Association of Development Strategy Studies, Vice President of China Law Association on Science and Technology, Vice Chairman of China Association of Scientific and Technological Achievements Management, and the Fellow of World Innovation Organization. He is one of the National Talents of “Hundred, Thousand and Ten Thousand Talents Project” and was awarded the honorary title of “Young and Middle-aged Experts with Outstanding Contributions”. He also served as Deputy Secretary General of CAS, Director General of Bureau of Planning and Strategy, CAS, Director General of Bureau of Development and Planning, CAS, Deputy Director General of General Office, CAS, and Director of Institute of Policy and Management, CAS. His research focuses on S&T strategic planning, innovation policy, think-tank theory and method research. He participated in the research and drafting of national S&T planning and emerging industry planning, as well as the research and relevant documents drafting of national S&T system reform. He has presided dozens of major decision-making advising research projects including top-level design of innovation-driven development strategy and third-party assessment of relevant national innovation policies. He has organized the serial strategic research: “China’s S&T Roadmaps to 2050” (“Innovation 2050” for short), with serial reports have been published successively. As the general research team leader, he has organized and published *Vision 2020: The Emerging Trends in S&T and Strategic Option of China*. He has involved in the work of strategic research, as well as formulating and implementing the major reform measures of CAS such as “Knowledge Innovation Program”, “Innovation 2020”, and “Pioneer Initiatives”. E-mail: jfpan@casisd.cn



刘益东 中国科学院自然科学史研究所研究员，博士生导师。研究领域为科技史、科技战略、科技与社会。长期研究科技巨风险与可持续创新及发展、学术评价与人才战略、信息技术史与信息技术战略。已发表论文50多篇，个人专著1部，合著专著5部，科普图书1部。E-mail: liuyd@ihns.ac.cn

LIU Yidong Research fellow and Ph.D. supervisor of the Institute for the History of Natural Sciences, Chinses Academy of Sciences. His research areas include history of science and technology, scientific strategy, and STS. He has been engaged in the research on catastrophic risks of science and technology, sustainable innovation and development, academic evaluation and talent strategy, as well as history and strategy of information technology. He has published over 50 papers, 1 authored monograph, 5 co-authored monographs, and 1 popular science book.
E-mail: liuyd@ihns.ac.cn

■责任编辑：张帆

参考文献（双语版）

1 戴维斯. 科学和科学家的一千年：988—1988. 袁江洋，罗兴波，译. 科学文化评论, 2005, 2(2): 76-91.

Davies M. A thousand years of science and scientists: 988 to 1988. Translated by Yuan J Y, Luo X B. Science & Culture Review, 2005, 2(2): 76-91. (in Chinese)

2 冯烨，梁立明. 世界科学中心转移的时空特征及学科层次析因（上）. 科学学与科学技术管理, 2000, (5): 6-8.

Feng Y, Liang L M. The spatiotemporal characteristics and subject-level factor of the transfer of world science centers (I). Science of Science and Management of S.&T., 2000, (5): 6-8. (in Chinese)

3 黄欣荣，王英. 技术中心及其活动规律的统计研究. 科学学研究, 1990, 8(2): 20-28.

Huang X R, Wang Y. Statistical research on technology center and its activity law. Studies in Science of Science, 1990, 8(2): 20-28. (in Chinese)

4 Yuasa M. Center of scientific activity: Its shift from the 16th to the 20th century. Japanese Studies in the History of Science, 1962, 1(1): 57-75.

5 王晓文. 世界中心转移研究与我国科学发展状况分析. 天津：天津大学, 2003: 8.

Wang X W. Research on the transfer mode of world science center and analysis on the development of science in China. Tianjin: Tianjin University, 2003: 8. (in Chinese)

6 刘鹤玲. 世界科学活动中心形成的经济-政治-文化前提. 自然辩证法研究, 1998, 14(2): 47-50.

Liu H L. The economic-political-cultural premise of the formation of the world center of scientific activity. Studies in Dialectics of Nature, 1998, 14(2): 47-50. (in Chinese)

7 R·K·默顿. 十七世纪英国的科学、技术与社会. 范岱年，吴忠，蒋效东，译. 成都：四川人民出版社, 1986: 77-89.

Merton R K. Science, Technology and Society in Seventeenth Century England. Translated by Fan D N, Wu Z, Jiang X D. Chengdu: Sichuan People's Publishing House, 1986: 77-89. (in Chinese)

8 Jacob M C. Commerce, industry, and the laws of Newtonian science: Weber revisited and revised. Canadian Journal of History, 2000, 35(2): 275-292.

9 小威廉·贝拉尼克，古斯塔夫·拉尼斯. 科学技术与经济发展：几国的历史与比较研究. 胡定，译. 北京：科学技术文献出版社, 1988: 43-46.

Beranek W, Ranis G. Science, Technology, and Economic Development : A Historical and Comparative Study. Translated by Hu D. Beijing: Science and Technology Literature Publishing House, 1988: 43-46. (in Chinese)

10 魏盛礼，赖丽华. 私有财产权法学论纲. 南昌大学学报（人文社会科学版）, 2006, 37(6): 77-83.

Wei S L, Lai L H. Private property right in science of law. Journal of Nanchang University (Humanities and Social Sciences), 2006, (11): 80-81. (in Chinese)

11 周丽华. 德国大学与国家的关系. 北京：北京师范大学出版社, 2008: 75-78.

Zhou L H. Relationship between German Universities and the Country. Beijing: Beijing Normal University Publishing House, 2008: 75-78. (in Chinese)

12 Gutek G L. Philosophical, ideological, and theoretical perspectives on education. Alberta Journal of Educational Research, 2016, 62: 220-222.

13 王小燕，贺兰英. 自然辩证法概论. 广州：华南理工大学出版社, 2007: 76.

Wang X Y, He L Y. An Introduction to Dialectics of Nature. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2007: 76. (in Chinese)

14 董光壁. 五百年来科学技术发展的回顾与展望. 自然科学史研究, 1997, 16(2): 109-118.

Dong G B. A review of the history of science and technology

over the past 500 years. Studies in the History of Natural Sciences, 1997, 16(2): 109-118. (in Chinese)

15 刘则渊, 王海山. 近代世界哲学高潮和科学中心关系的历史考察. 科研管理, 1981, 2(1): 7-21.

Liu Z Y, Wang H S. A historical investigation of the relationship between the climax of modern world philosophy and the center of science. Science Research Management, 1981, 2(1): 7-21. (in Chinese)

16 刘益东. 开放式评价与学术市场：彻底解放学者的创造力. 北京师范大学学报（社会科学版）, 2018, (1): 17-26.

Liu Y D. An open evaluation in academia promotes the scholarly creativity. Journal of Beijing Normal University (Social Sciences), 2018, (1): 17-26. (in Chinese)

17 周寄中. 美国科技大趋势. 北京: 科学出版社, 1991: 11.

Zhou J Z. American Technology Megatrends. Beijing: Science Press, 1991: 11. (in Chinese)

18 姜国钧. 论教育中心转移与科技中心转移的关系. 外国教育研究, 1999, 26(4): 1-6.

Jiang G J. On the relationship between the transfer of education center and the transfer of science and technology center. Studies in Foreign Education, 1999, 26(4): 1-6. (in Chinese)

19 和震. 美国大学自治制度的形成与发展. 北京: 北京师范大学出版社, 2008: 344.

He Z. The Formation and Development of American System of University Autonomy. Beijing: Beijing Normal University Publishing House, 2008: 344. (in Chinese)

20 蒋志. 科学发现过程的统计理论. 自然辩证法研究, 1994, 10(12): 30-37.

Jiang Z. Statistical theory of the scientific discovery process. Studies in Dialectics of Nature, 1994, 10(12): 30-37. (in Chinese)

21 潘教峰. 中国加速迈向世界创新中心. 中国战略新兴产业, 2017, (17): 94.

Pan J F. China accelerates toward world innovation center. China Strategic Emerging Industry, 2017, (17): 94. (in Chinese)

22 杜德斌, 段德忠. 全球科技创新中心的空间分布、发展类型及演化趋势. 上海城市规划, 2015, (1): 76-81.

Du D B, Duan D Z. Spatial distribution, development type and evolution trend of global science and technology innovation center. Shanghai Urban Planning Review, 2015, (1): 76-81. (in Chinese)

23 潘教峰, 陈光华. 加快构建新型创新组织模式. 瞭望, 2017, (49): 17-19.

Pan J F, Chen G H. Accelerate the construction of a new innovative organizational model. Outlook, 2017, (49): 17-19. (in Chinese)

24 上海市人民政府发展研究中心课题组, 肖林, 周国平, 等. 上海建设具有全球影响力科技创新中心战略研究. 科学发展, 2015, (4): 63-81.

Research Group of the Development Research Center of Shanghai Municipal People's Government, Xiao L, Zhou G P, et al. Strategic research on Shanghai's construction of global science and technology innovation center with world influence. Scientific Development, 2015, (4): 63-81. (in Chinese)

25 潘教峰, 谭宗颖, 朱相丽. 国际科技竞争力研究报告. 北京: 科学出版社, 2010.

Pan J F, Tan Z Y, Zhu X L. Research on International Science and Technology Competitiveness. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)

26 潘教峰. 科技革命与我国战略选择. 时事报告, 2017, (9): 20-27.

Pan J F. Scientific and technological revolution and strategic choice of China. Current Affairs, 2017, (9): 20-27. (in Chinese)